

[103] まだ固まらないポリエステルレジコンクリートの コンシステンシーに及ぼす調合要因の影響

正会員 ○出村 克宣 (日本大学工学部)
 正会員 大浜 嘉彦 (日本大学工学部)
 正会員 清水 晃 (日本大学大学院)

1. はじめに

従来、ポリエステルレジコンクリートは、テラズタイル、化粧用パネルなどのプレキャスト製品として利用されることが多かった。しかし、その速硬性、早期の高強度発現、耐薬品性及び水密性に優れるなどの性能を生かして、化学工場、倉庫の床材、温泉地における建築物の基礎などとして、現場施工されることも増加している。ポリエステルレジコンクリートを現場で施工しようとする場合、品質管理が容易なプレキャスト製品の製造と異なり、周囲の環境条件、特に温度条件によって、その性質が大きく左右されるものと考えられる。本研究では、ポリエステルレジコンクリートの現場施工を想定し、打込み温度を変化させながら、そのスランプに及ぼす結合材率及び結合材粘度の影響を検討する。又、その結果から、所要スランプを得るための調合要因を定める方法を提案する。

2. 使用材料

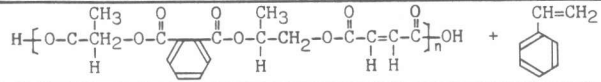
(1)液状レジン：オルトフタル酸系不飽和ポリエステル樹脂 (2)希釈剤：JIS K 6727 (スチレン) の規定に合格するスチレンモノマー (3)充てん材：重質炭酸カルシウム (粒径、2.5μm 以下) (4)骨材：粗骨材として、山梨県初狩産安山岩砕石 (粒径、10-20mm 及び5-10mm) 、細骨材として、福島県阿武隈川産川砂 (粒径、1.2-5mm 及び1.2mm 以下)

なお、充てん材及び骨材については、それらの含水率を0.1%以下として使用した。表-1には、不飽和ポリエステル樹脂の性質を示す。

表-1 不飽和ポリエステル樹脂の性質

Acid Value	Specific Gravity (20°C)	Viscosity (20°C, cP)	Styrene Content (%)
21.6	1.127	695	38.0

Constitutional Formula (n=4~7)



3. 試験方法

3.1 結合材の粘度測定

JIS K 6901 (液状不飽和ポリエステル樹脂試験方法) のブルックフィールド形粘度計法に従って、10、20及び30℃の各試験温度下において、ST/UP (スチレン-ポリエステル比) を0.67、0.80及び1.00となるように調整した結合材の粘度を測定した。なお、ST/UP とは、市販の不飽和ポリエステル樹脂に含まれる不飽和ポリエステル量(UP)と、不飽和ポリエステル樹脂中に含まれる架橋剤としてのスチレンと希釈剤として添加するスチレンの総量(ST)の比をいう。

3.2 ポリエステルレジコンクリートの調製

JIS A 1181 (ポリエステルレジコンクリートの強度試験用供試体の作り方) に従って、表-2に示す調合のポリエステルレジコンクリートについて、結合材率 9.00、11.25 及び13.00wt% のものについては10、20及び30℃の温度条件下で、結合材率11.75及び12.25wt%のものについては10及び20℃の温度条件下で、

表-2 ポリエステルレジコンクリートの調合

Material			Mix Proportion by Weight				
Binder	U P + S T		9.00	11.25	11.75	12.25	13.00
Filler	Ground Calcium Carbonate		9.00	11.25	11.75	12.25	13.00
Aggregate	Coarse Aggregate	Size, 10-20mm	15.39	14.55	14.36	14.17	13.89
		Size, 5-10mm	15.39	14.55	14.36	14.17	13.89
	Fine Aggregate	Size, 1.2-5mm	10.16	9.60	9.46	9.34	9.17
		Size, < 1.2mm	41.06	38.80	38.32	37.82	37.05

それぞれ、ポリエステルレジコンクリートを調製した。なお、結合材、充てん材及び骨材については、ポリエステルレジコンクリートを調製する前に、24時間以上試験温度と同一温度下に静置し、あらかじめ試験温度に調整したものをを用いた。

3.3 スランプ試験

JIS A 1101 (コンクリートのスランプ試験方法) に従って、3.2 で調製したポリエステルレジコンクリートのスランプ試験を行った。なお、スランプコーンには、ポリエステルレジコンクリートの付着を防止するために、JIS K 6894 (四ふっ化エチレン樹脂処理皮膜) に従って、その内面にテフロンコーティングを施したものを使用した。又、JIS R 3202 (フロート板ガラス及びびみがき板ガラス) の規定に合格するガラス板を平板として使用した。スランプの測定は、スランプコーン引き上げ後15秒ごとに行った。

4. 試験結果及び考察

図-1には、ST/UPと結合材粘度の関係を示す。いずれの試験温度においても、ST/UPの増大、すなわち、スチレンの添加率の増大に伴って、結合材粘度は低下する。特に、試験温度10℃の場合、ST/UP 0.67で結合材粘度が1400~1500cPに達するのに対して、ST/UP 1.00では、200cPまで急激に減少する。又、同一のST/UPの場合、試験温度の上昇に伴って結合材粘度は低下し、その傾向はST/UPの小さい結合材程顕著である。このように、試験温度が10~30℃の間で変化すると、ST/UPの大小によって、結合材粘度は50~1500cPもの範囲で変化するため、それらの結合材を使用して製造されるポリエステルレジコンクリートのスランプも同様に、これらの要因に大きく影響されるものと推察される。

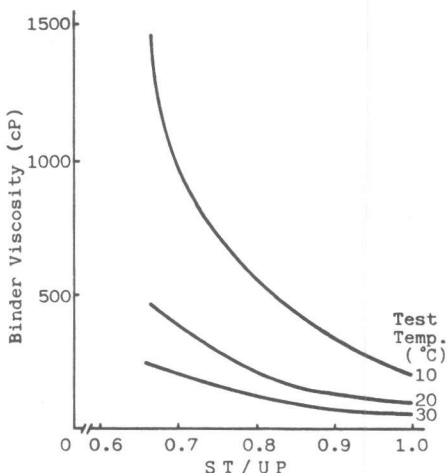


図-1 ST/UPと結合材粘度の関係

試験温度別に、結合材粘度とST/UPの関係は、次のような実験式で表される。

$$\text{試験温度}10^\circ\text{Cの場合, } \eta = 203 (\text{ST/UP})^{-4.85} \quad (\tau = 0.99)$$

$$\text{試験温度}20^\circ\text{Cの場合, } \eta = 90.3 (\text{ST/UP})^{-4.03} \quad (\tau = 0.99)$$

$$\text{試験温度}30^\circ\text{Cの場合, } \eta = 61.6 (\text{ST/UP})^{-3.44} \quad (\tau = 0.99)$$

ここに、 η : 結合材粘度 (cP), ST/UP: スチレン-ポリエステル比, τ : 相関係数

なお、これらの式は、次のような一般式で表すことが可能であり、式中の実験定数 a 及び b は、試験温度 $[T(^\circ\text{C})]$ の関数として表すことができる。

$$\eta = a (\text{ST/UP})^b$$

$$a = 2150/T - 13.2 \quad (\tau = 0.99)$$

$$b = 1/(-0.00423T - 0.164) \quad (\tau = 0.99)$$

以上のことから、10~30℃の試験温度範囲において、試験温度とST/UPから、ポリエステルレジコンクリート用結合材の粘度を算定することができる。

図-2には、試験温度別に、スランプコーン引き上げ後の経過時間とポリエステルレジコンクリートのスランプの関係を示す。試験温度にかかわらず、結合材率9.00wt%のポリエステルレジコンクリートはスランプしない。一方、結合材率11.25wt%以上のポリエステルレジコンクリートのスランプは、時間の経過に伴って増加する。その場合、スランプコーン引き上げ後60秒までにポリエステルレジコンクリートは急激に変形し、その後、540秒まで緩やかに変形する傾向にある。しかしながら、スランプコーン引き上げ60秒後から540秒後までの変形は、結合材率、ST/UP及び試験温度によって大きく異なる。そこで、図-3には、式、 $[(\text{スランプコーン引き上げ後}540\text{秒のスランプ}) / (\text{スランプコーン引き上げ後}60\text{秒のスランプ})] \times 100 (\%)$ によって求めた相対スランプを示す。ST/UP及び試験温度にかかわらず、結合材率の高いポリエステルレジコンクリートの相対スランプは100付近に集中し、流動性に優れたコンクリートであることが認められる。又、試験温度にかかわらず、結合材率11.75wt%でポリエステルレジコンクリートの相対スランプは最大値を与える。これは、この結合材率の時、スランプ試験開始からの変形が緩やかに起こり、時間の経過に伴って、徐々に変形してゆくためと考えられる。

一方、若干の例外を除けば、結合材率にかかわらず、ST/UPの増大に伴ってポリエステルレジコンクリートの相対スランプは減少し、同一のST/UP及び結合材率の場合、試験温度の上昇に伴って、相対スランプは減少する傾向にある。前述したように、ST/UP及び試験温度は結合材粘度を左右する主要因であるが、結合材粘度は、結合材率と同様に、ポリエステルレジコンクリートのスランプに大きな影響を及ぼすことが分かる。

普通セメントコンクリートのスランプ試験の場合、そのスランプ値は最終変形量としてとらえられることが一般的である。これに対して、ポリエステルレジコンクリートでは、そのスランプがスランプコーン引き上げ後の時間に依存して、かなり長い間変化することが認められる。ポリエステルレジコンクリートの現場施工を考慮した時、最終変形量をそのスランプ値とすると、試験開始から9分間の測定時間を必要とすることから、本論文では、スランプコーン引き上げから60秒後の値をスランプとした。

図-4には、試験温度別に、ポリエステルレジコンクリートのスランプに及ぼす結合材率及びST/UPの影響を示す。試験温度にかかわらず、結合材率9.00wt%の場合を除き、結合材率あるいはST/UPの増大に伴って、ポリエステルレジコンクリートのスランプは増大する。又、いずれの試験温度においても、結合材率が大きくなると、ST/UPの変化に伴うスランプの変化は小さくなる。しかしながら、ST/UP及び試験温度によって変化する結合材粘度とポリエステルレジコンクリートのスランプの関係は、結合材率別に図-5のように示すことができる。これらのことから、ポリエステルレジコンクリートのスランプは、結合材率に大きく依存するが、結合材粘度によっても影響を受け、結合材率が小さいもの程、そのスランプに及ぼす結合材粘度の影響が大きいことが分かる。ポリエス

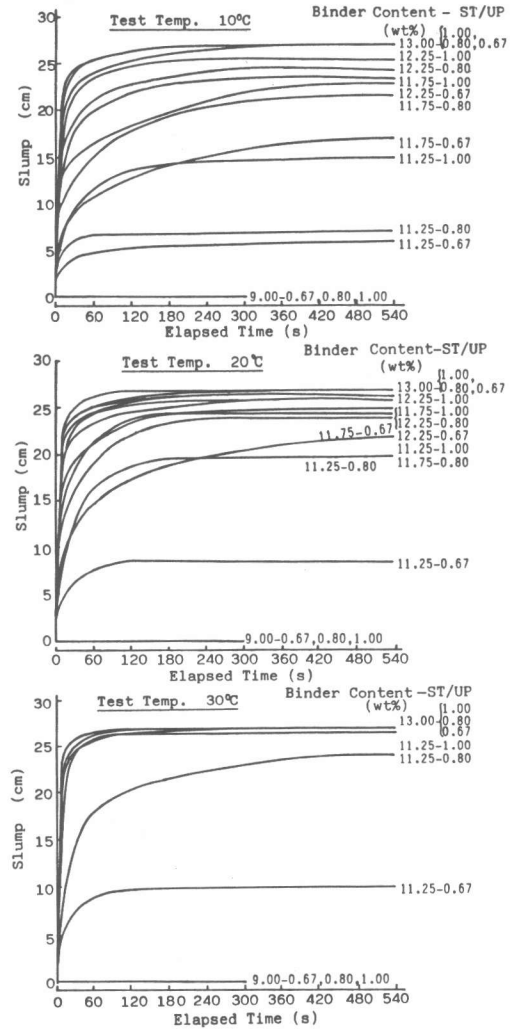


図-2 ポリエステルレジコンクリートのスランプの経時変化

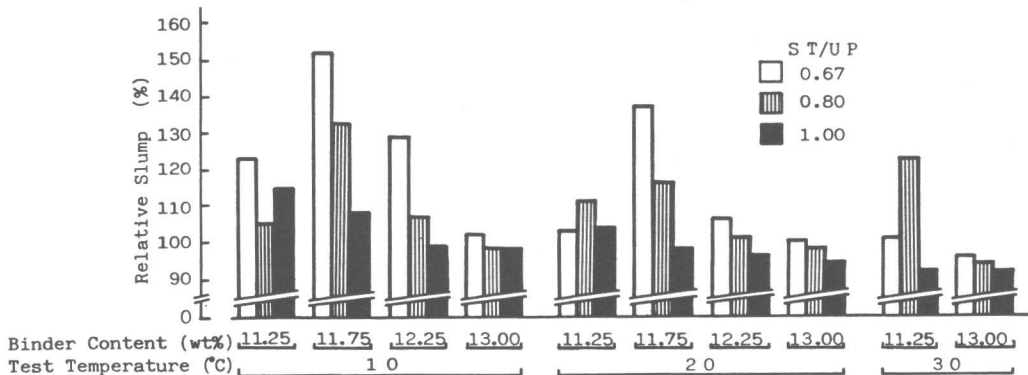


図-3 ポリエステルレジコンクリートの相対スランプ

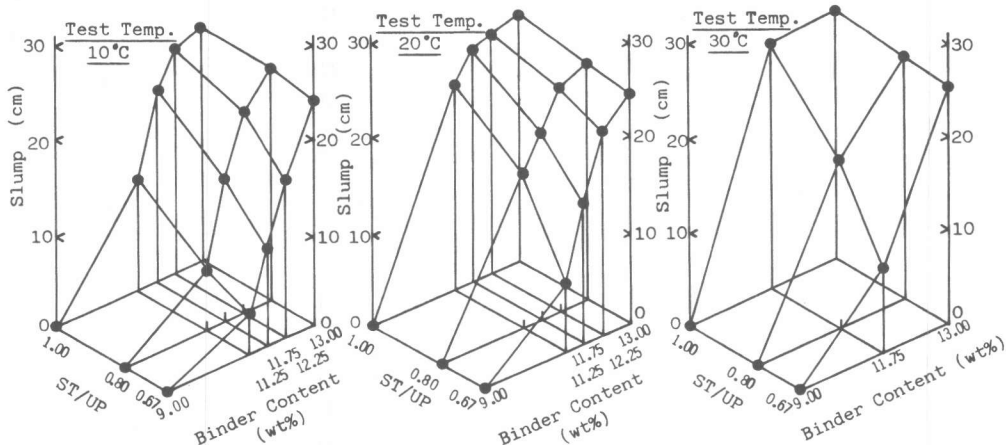


図-4 ポリエステルレジコンクリートのスランプに及ぼす結合材率及びST/UPの影響

テルレジコンクリートのスランプに影響を及ぼす主要因を結合材率, 二次的因を結合材粘度とすると, その関係は次のような実験式で表すことができる。

結合材率 11.25wt%, $S = 308 \eta^{-0.596} (\tau = 0.95)$

結合材率 11.75wt%, $S = 94.7 \eta^{-0.289} (\tau = 0.99)$

結合材率 12.25wt%, $S = 50.7 \eta^{-0.146} (\tau = 0.91)$

結合材率 13.00wt%, $S = 29.8 \eta^{-0.030} (\tau = 0.86)$

ここに, S : ポリエステルレジコンクリートのスランプ (cm) η : 結合材粘度 (cP) τ : 相関係数

なお, これらの式は次のような一般式で表すことが可能であり, 更に式中の実験定数 α 及び β は結合材率 [B (wt%)] の関数として, 次のように表すことができる。又, 式中の粘度 (η) は, 前述した試験温度及びST/UPとの関係から求められる。

$$S = \alpha \eta^\beta$$

$$\alpha = 79.9 / (B - 11) - 11.7 \quad (\tau = 0.99)$$

$$\beta = 0.274 \ln(B - 11) - 0.216 \quad (\tau = 0.99)$$

5. 結論

以上述べてきた試験結果を総括し, ポリエステルレジコンクリートのコンシステンシーに影響を及ぼす調合要因を定める手順を示せば, 図-6の通りである。

設計基準強度によって定まるST/UP¹⁾及び気温から結合材粘度を求め, その結合材粘度と所要スランプから, 図-5を用いて結合材率を定めることができる。又, 結合材率が定まっている場合には, 上述した実験式を用いて所要スランプが求められる。このような方法によって, ポリエステルレジコンクリートのコンシステンシーに影響を及ぼす調合要因を定めることができる。

参考文献

- 1) 大浜嘉彦, 出村克宜, 小宮山正, "ポリエステルレジコンクリートの強度などの性状に及ぼすスチレン-ポリエステル比の影響", 材料, V.29, No.318, Mar.1980, pp.266-271.

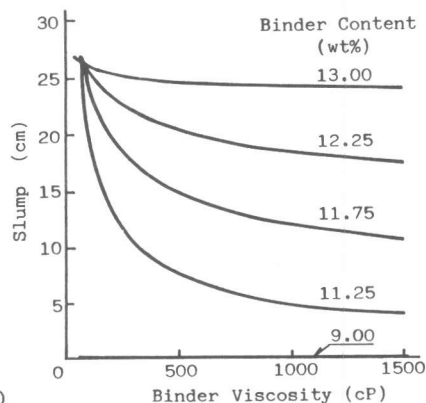


図-5 結合材粘度とポリエステルレジコンクリートのスランプの関係

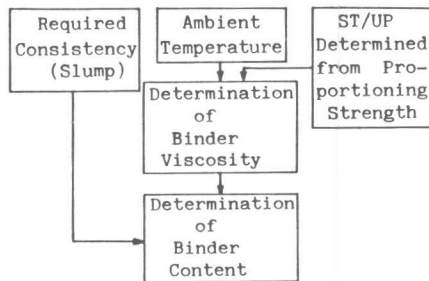


図-6 ポリエステルレジコンクリートのコンシステンシーに影響を及ぼす調合要因を定める手順